

## ТРУБОПРОКАТНЫЙ АГРЕГАТ С ТРЕХВАЛКОВЫМ РАСКАТНЫМ СТАНОМ ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ – МИНИ ТПА 40-80

Романцев Б.А., Гончарук А.В., Алещенко А.С.  
НИТУ "МИСиС" (г. Москва, Россия)

На предприятии Южно Корейской компании «Сечанг стил» введен в эксплуатацию новый мини трубопрокатный агрегат для производства бесшовных труб диаметром от 40 до 80 мм. В основу технологического процесса заложен метод прошивки заготовки, последующей раскаткой гильзы в черновую трубу и калибрования на станах винтовой прокатки.

**Ключевые слова:** стальные бесшовные трубы, стан винтовой прокатки, прошивной стан, трехвалковый раскатный стан, направляющая линейка.

The new mini pipe rolling mill was put in operation on the manufacture of South Korean company “Sechang steel”, producing pipes with outside diameter from 40 to 80 mm. The principle of technological process is the method of piercing the billet, further elongation of shell to pipe and calibration that are performed in screw rolling mills.

**Descriptive information:** seamless steel pipe, screw rolling mill, piercing mill, three roll elongating mill, guide shoe.

Сортамент труб, получаемых на агрегатах с трехвалковым раскатным станом, характеризуется отношением наружного диаметра  $D$  к толщине стенки  $S$  трубы –  $D/S$  и диаметральными размерами. В трубопрокатном производстве наибольшее распространение получили агрегаты среднего и большого типа, на которых получают трубы диаметром от 72 до 250 мм с  $D/S \leq 10 \dots 11$  из углеродистых и легированных сталей (рис. 1).

Однако многие машиностроительные предприятия испытывают потребность в трубах повышенной точности диаметром 40...70 мм. В связи с этим целью настоящей работы являлось создание технологии и оборудования мини ТПА 40-80 для прокатки труб диаметром 40...80 мм с отношением  $D/S \leq 9$  длиной до 6 м с годовым объемом производства до 10 тысяч тонн.

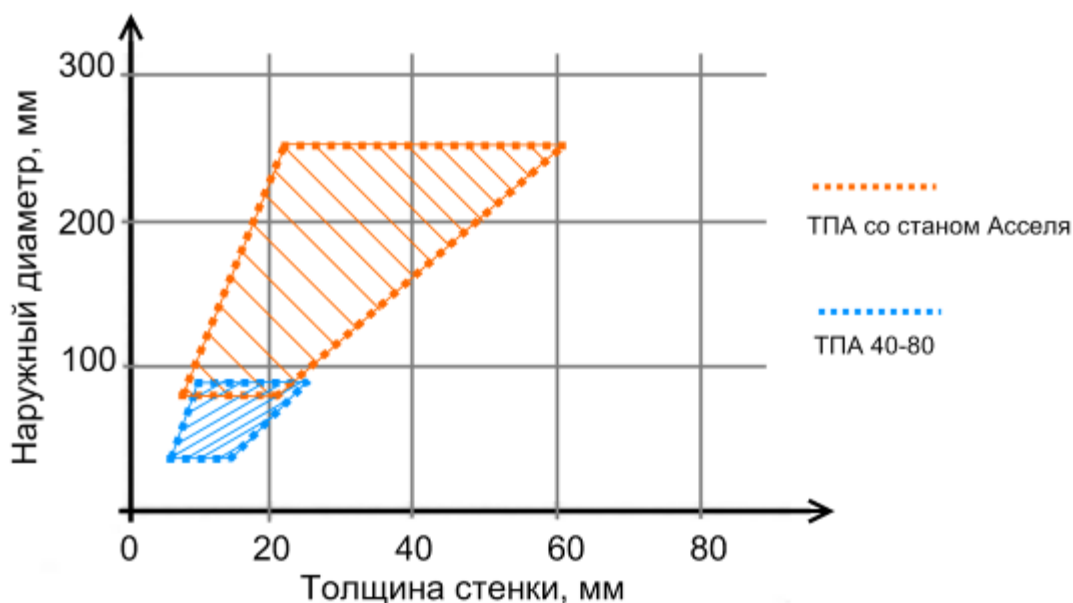


Рис. 1. Сортамент бесшовных труб, получаемых на традиционных ТПА со станом Асселя и ТПА 40-80

Технологическая схема мини ТПА 40-80 представлена на рис. 2 и включает в себя резку 1 исходного прутка на мерные заготовки, зацентровку 2 заготовок в холодном состоянии, индукционный нагрев 3 заготовок, термостатирование 4 заготовок в камерной электрической печи, прошивку 5 в двухвалковом стане с направляющими линейками, индукционный

подогрев 6 гильз, раскатку 7 гильз в трехвалковом стане на цилиндрической контролируемо-перемещаемой оправке, калибрование 8 труб в двухвалковом стане с направляющими линейками, контролируемое охлаждение 9 труб на холодильнике цепного типа с вращением трубы вокруг собственной оси.

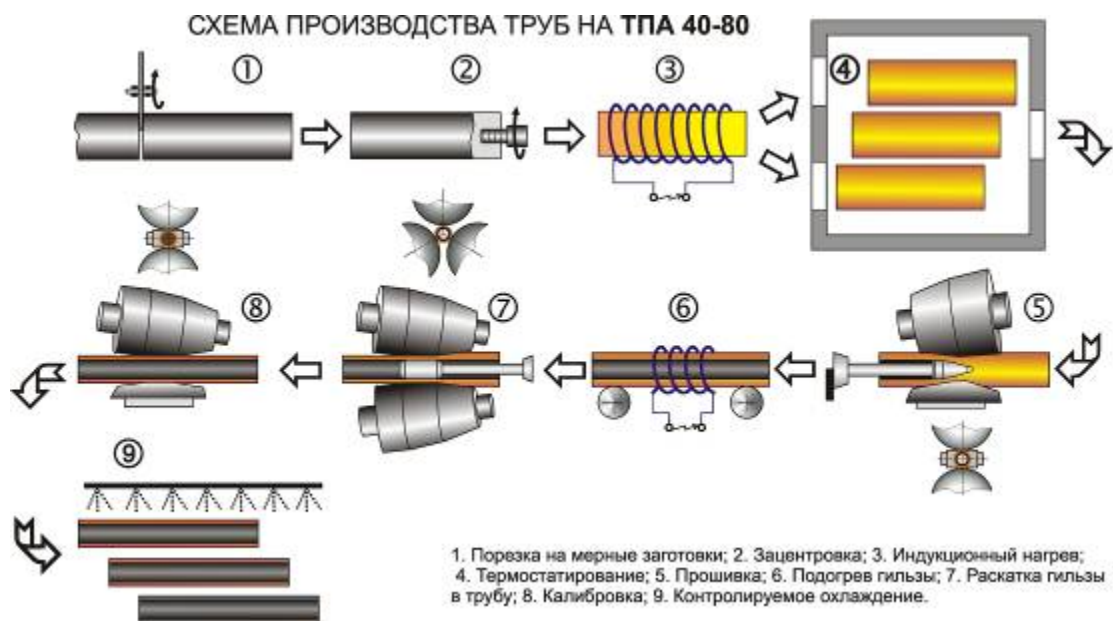


Рис. 2. Схема технологического процесса получения труб на ТПА 40-80

### Краткая техническая характеристика мини ТПА 40-80

#### Устройство для резки прутка и зацентрировки заготовок

##### Дисковая пила

Диаметр режущего диска, мм	500
Диаметр заготовок, мм	40...110
Мощность привода, кВт	11
Скорость резания, мм/с	до 5
Зацентрировщик – одношпиндельный с	

##### электрическим приводом режущей фрезы

Мощность привода, кВт	3
Диаметр фрезы, мм	15...25
Скорость резания, мм/с	до 5

#### Индукционный нагреватель – двух ручьевого,

##### толкательного типа

Мощность, кВт	2x400
Частота, кГц	до 6
Заготовка	
Диаметр, мм	40...110
Длина, мм	1000...2000
Температура нагрева заготовок, °C	1100...1200
Неравномерность нагрева заготовки, °C	
• по сечению	менее 50
• по длине	менее 70

#### Термостат – камерного типа с вращением заготовок по наклонным балкам в процессе термостатирования

Заготовка, мм	
Диаметр	40...110
Длина	1000...2000
Температура нагрева заготовок, °C	1100...1200
Неравномерность нагрева заготовки, °C	
• по сечению	10...15
• по длине	менее 20
Установленная мощность, кВт	200

#### Прошивной стан – двухвалковый с направляющими линейками конструкции ОАО «ЭЗТМ»

##### Рабочая клеть – барабанного типа с откидывающейся крышкой

##### Рабочие валки – чашевидные

Диаметр бочки в пережиме, мм	450
Длина бочки, мм	320
Угол раскатки, град	-7
Угол подачи, град	8...20
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	95

##### Главный привод – индивидуальный

Мощность электродвигателей, кВт	2x325
Крутящий момент, кН·м	2x35

##### Входная сторона – с осевой подачей заготовки

##### Выходная сторона – с боковой выдачей гильзы и центрированием оправочного стержня с помощью длинной втулки

##### Центрователи стержня, втулки и гильзы – трехроликовые, трехрычажные

Количество центрователей, шт.	5
Длина центрирующей втулки, мм	2500
Диаметр оправочного стержня, мм	28...80

##### Гильза

Диаметр, мм	40...110
Толщина стенки, мм	6...33
Длина, мм	до 3500

#### Индукционный нагреватель гильз перед раскаткой – одноручьевого, встроенный в транспортный рольганг

Мощность, кВт	400
Частота, кГц	до 6
Температура гильз на выходе из нагревателя	
1120...1150	

##### Неравномерность нагрева гильзы по длине, °C не более 30

Раскатной стан – трехвалковый винтовой прокатки на цилиндрической контролируемо-перемещаемой оправке

Рабочая клеть – закрытого типа с нажимными устройствами клинового типа и фиксированным углом подачи

Рабочие валки – грибовидные	
Диаметр бочки в пережиме, мм	230
Длина бочки, мм	300
Угол раскатки, град	3
Угол подачи, град	10
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	200

Главный привод – индивидуальный	
Мощность электродвигателей, кВт	3x110
Крутящий момент, кН·м	3x1,5

Входная сторона – с осевой подачей гильзы в рабочую клеть и оправкой, контролируемо-перемещаемой в процессе раскатки.

Ход перемещения оправки, мм	до 300
Осевое усилие на оправку, кН	до 250

Выходная сторона – с осевой выдачей трубы роликами рольганга

Черновая труба, мм	
Диаметр	45...95
Толщина стенки	5...26
D/S	до 9
Длина	до 6000

Калибровочный стан – двухвалковый винтовой прокатки с направляющими линейками

Рабочая клеть – закрытого типа с фиксированным углом подачи

Рабочие валки – грибовидные	
Диаметр бочки в пережиме, мм	
Длина бочки, мм	300
Угол раскатки, град	7
Угол подачи, град	12
Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	200

Главный привод – индивидуальный	
Мощность электродвигателей, кВт	2x75
Крутящий момент, кН·м	2x1,5

Входная сторона – с осевой подачей трубы в рабочую клеть роликами рольганга

Выходная сторона – с осевой выдачей трубы из рабочей клетки роликами рольганга

Размер трубы после калибровочного стана, мм	
Диаметр	40...90
Толщина стенки	5...26
D/S	до 9
Длина	до 6000

Холодильник – цепного типа с вращением трубы в процессе охлаждения вокруг собственной оси

Температура трубы на входе на холодильник, °C  
850...950

Температура труб после охлаждения, °C менее 50  
Охлаждающая среда воздух и водовоздушная смесь

Общая площадь, занимаемая оборудованием мини ТПА, м<sup>2</sup> 1300

Масса прокатного и транспортно-передающего оборудования

на участке прошивной стан – раскатной стан – калибровочный стан – холодильник, тн 140

Количество вальцовщиков на прокатном оборудовании, чел. 3

Производительность, тн/ч от 2 до 15

Первый мини ТПА 40-80 был введен в эксплуатацию в июле 2010 г. на фирме Сечанг Стил, Южная Корея. В течение последующих трех месяцев были достигнуты проектные показатели по производительности и освоен сортament труб диаметром от 40 до 89 мм с отношением D/S ≤ 9, допускаемые отклонения труб из углеродистой и низколегированной стали по диаметру составили менее ± 0,5 %, по толщине стенки – менее ± 5 %.

Высокая точность труб была достигнута благодаря ряду внедренных технологических приемов и конструкции оборудования. Например, резка заготовок дисковой пилой обеспечивает перпендикулярность торцов заготовок диаметром от 40 до 110 мм в пределах 1...3 мм, эксцентриситет зацентровочного отверстия, нанесенного механическим способом в холодном состоянии не превышает 2 мм, поэтому разностенность передних концов гильз всех размеров не превышает 0,5 мм.

Двухстадийный нагрев с выравниванием температуры заготовок по сечению и длине в термостате и последующая их транспортировка до рабочих валков в течение 10...15 с обеспечивают благоприятное осесимметричное распределение температуры по сечению для центрирования оправки в очаге деформации 350 центральные слои имеют температуру выше поверхностных на 20...30 °C, что, в свою очередь, уменьшает сопротивление деформации на 15...20 %.

Кроме того, процесс прошивки осуществляется с центрированием оправочного стержня с помощью длинной втулки [1], которая также повышает жесткость стержней особенно малых диаметров. Многочисленные измерения разностенности передних и задних концов гильз различных размеров показали, что она находится в пределах 3...5 %.

Раскатка гильзы в трубу осуществляется в трехвалковом стане винтовой прокатки на короткой цилиндрической оправке, контролируемо-перемещаемой по ходу прокатки на величину до 300 мм. Особенностью конструкции рабочей клетки и стана в целом является постоянное положение нижней образующей прокатываемых труб различного диаметра. Рабочая клеть имеет жесткую сварную станину закрытого типа (рис. 3), в которой кассета с нижним валком смонтирована в соответствующей расточке. Регулирование кассеты с валком по высоте выполняется прокладками только после переточки валка. Настройку заданного калибра стана выполняют одновременным перемещением верхних рабочих валков от электромеханического привода, воздействующего на нажимные механизмы в виде массивных клиньев. Такое конструктивное использование рабочей клетки позволило значительно

упростить конструкцию приемного желоба и отводящего рольганга и уменьшить массу оборудования. В тоже время ось прокатки, а следовательно, оправочный стержень с оправкой при настройке стана перемещается в вертикальной плоскости на заданную величину. Оправка и оправочный стержень в процессе прокатки работают на растяжение, перед раскаткой в гильзу вдувается сухая технологическая смазка на основе фосфатов. Благодаря углу подачи рабочих валков равному  $10^0$  и частоте вращения  $200 \text{ мин}^{-1}$  длительность процесса раскатки гильз в трубы длиной 6,0 м составляет 17...18 с. Податливость калибра рабочей клетки при прокатке труб 89х11 мм находится в пределах 0,3...0,4 мм.

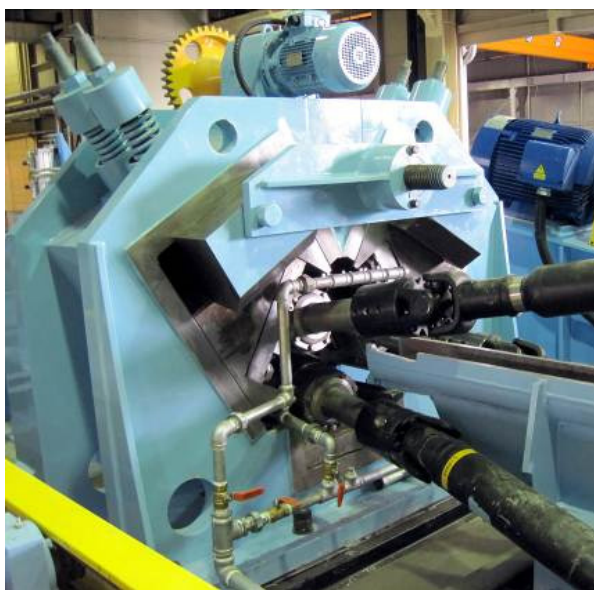


Рис. 3. Выходная сторона трехвалкового раскатного стана с нижним стационарным валком ТПА 40-80.

Калибрование осуществляется в двухвалковом стане винтовой прокатки с направляющими линейками обкаткой трубы рабочими валками с обжатием по диаметру равным 4...10% при температуре металла, сохранившейся после операции раскатки  $850...950^0\text{C}$ . Рабочая клетка имеет жесткую сварную станину закрытого типа, в расточках которой смонтированы кассеты с рабочими валками, стул с линейкодержателем нижней линейки и траверса с линейкодержателем верхней линейки. Угол подачи рабочих валков – постоянный, равный  $12^0$ , частота вращения –  $200 \text{ мин}^{-1}$ , угол раскатки -  $10^0$  (грибовидная схема) скорость прокатки составляет примерно 0,6 м/с, машинное время калибрования труб длиной до 6,0 м составляет менее 11 с. Анализ пооперационного графика показал, что «узким» местом мини ТПА, с точки зрения производительности, является раскатной стан, минимальное время цикла прокатки труб длиной 6,0 м на этом стане достигает 28 с. Фактически на агрегате работают с циклом прокатки 30...60 с.

Особое внимание при разработке технологии уделяли инструменту: рабочим валкам, оправкам, направляющим линейкам. Расчеты и проектирование

инструмента осуществляли по методике, разработанной в МИСиС [2]. Выбор материала для изготовления инструмента выполняли по общепринятым рекомендациям [3, 4] с учетом опыта сотрудников кафедры ТОТП.

Наибольшему износу при прокатке подвергаются оправки прошивного и раскатного станов малых диаметров 28...40 мм, направляющие линейки. Оправки прошивного стана изготовлены из стали 4Х5МФС с наплавкой носка жаропрочным сплавом на никелевой основе, во время работы оправки охлаждаются водой непрерывно изнутри, а в паузах между прошивками – водой снаружи. Износостойкость оправок диаметром 28...40 мм составляет в среднем 140 прошивок, оправок диаметром 60...80 мм достигает 300...400 шт.

Цилиндрические оправки раскатного стана также изготовлены из стали 4Х5МФС и термообработаны на твердость 40...44 HRC. Установлено, что в процессе прокатки оправки диаметром 28...40 мм разогреваются до  $500...550^0\text{C}$ , износ выражается в уменьшении диаметра и после прокатки 30...35 шт. труб длиной 5,0 м и достигает 0,2 мм. Изношенные оправки восстанавливают переточкой на оправки меньшего диаметра.

Направляющие линейки прошивного и калибровочного станов изготовлены из стали 20 с наплавкой рабочей части жаропрочным сплавом. Для повышения износостойкости линейки снабжены отверстиями для непрерывного охлаждения изнутри во время прокатки [5]. Следует отметить, что линейки такой конструкции являются многократно восстанавливаемыми. Рабочая поверхность изношенных линеек вновь наплавляется жаропрочной проволокой.

Таким образом, успешный опыт внедрения и эксплуатации мини ТПА 40-80 с трехвалковым раскатным станом свидетельствует о возможности расширения сортамента труб повышенной точности для машиностроения с отношением  $D/S \leq 9$  из углеродистой и низколегированной стали.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обработка металлов давлением: Учебник/ Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, Н.М. Вавилин, С.В. Самусев. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 960 с.
2. Исследование и разработка методики проектирования технологического инструмента станов винтовой прокатки гильз и труб / Диссертационная работа Алещенко А.С., М.: МИСИС, 2010
3. Данилов Ф.А., Глейберг А.З., Балакин В.Г. Горячая прокатка и прессование труб. М.: Металлургия, 1972. – 576 с.
4. Повышение износостойкости оправок прошивного стана / Б.А. Романцев, О.К. Матыко, А.В. Гончарук, А.С. Алещенко, А.В. Поливец. - // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – М.: МИСИС, 2008. - №10. – С. 16-19.
5. Патент РФ 2250147. Способ винтовой прошивки литой заготовки / Д.А. Пумпянский, Марченко Л.Г., М.М. Фадеев и др. БИ № 11. 2005г.